



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000241535 A**

(43) Date of publication of application: 08.09.00

(51) Int. Cl.

G01S 13/08(21) Application number: **11041974**(71) Applicant: **MICRO WAVE LAB:KK**(22) Date of filing: **19.02.99**(72) Inventor: **TANAKA MINORU**(54) **SHORT-DISTANCE RADAR DEVICE**

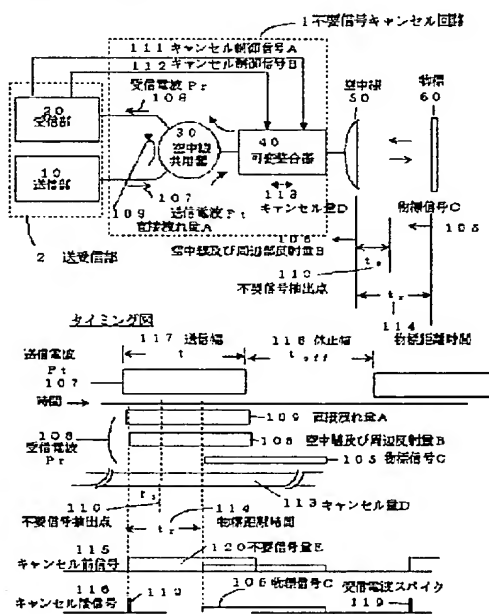
(57) Abstract:

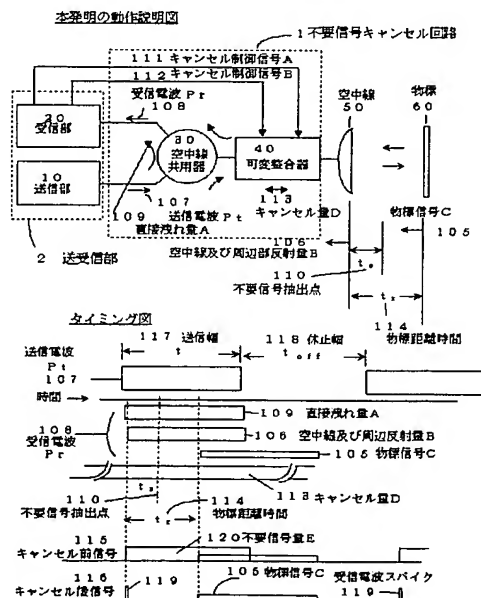
PROBLEM TO BE SOLVED: To operate a short-distance radar device at a narrow frequency occupation bandwidth by generating a cancellation wave with an inverse vector from a transmission electronic wave to eliminate an unnecessary signal, receiving a target signal while transmitting signals, and detecting the distance to the target according to the time difference between the rising of the target signal and that of a leakage signal.

SOLUTION: An unnecessary signal comprising a direct amount of leakage A 109 from an antenna multicoupler 30 in a reception electronic wave Pr 108 and an amount of reflection B 106 of an antenna itself or around the antenna is detected at an unnecessary signal extraction point ts 110 at an arbitrary point before a target signal C 105 by a variable matching box 40 where a plurality of electronic control variable reactance elements are arranged at a transmission line being connected to the antenna multicoupler 30 at a constant wavelength interval. Based on the detected signal, an electronic control variable reactance element in the variable matching box 40 is adjusted. Then, by generating the unnecessary signal of the unnecessary signal extraction point ts 110 and the amount of

cancellation D 113 of an inverse vector from one portion of a transmission electronic wave Pt 107, the unnecessary signal is canceled and the target signal C 105 is detected.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO





【特許請求の範囲】

【請求項1】 近距離レーダ装置において、

送受信部を有し、送信部より測定する最大距離を電波が往復する時間より長いパルス幅の送信時間と休止時間を有する送信電波を、送信と受信を分離する空中線共用器と、該空中線共用器と送受信共用の空中線に至る間の伝送路に設置された可変整合器と、前記空中線を経由して、空中に発射し、物標信号を含む受信電波を前記空中線共用器の受信側から受信し、受信部において、前記受信電波の中から前記物標信号に時間領域で先行する不要信号を前記可変整合器を制御することによりキャンセルし、前記物標信号を抽出受信し処理することによって、その立ち上がり部から物標距離を計測する装置であって、前記送受信部が、前記送信電波を発生する送信部と、受信部が前記物標信号の強弱に応じて配置される高周波増幅部と、前記受信電波から時間領域が拡大された復調信号を得る標本化等価時間変換回路と、前記復調信号をアナログ信号処理する手段と、デジタル信号処理手段とから構成された、狭い周波数占有帯域幅で動作することを特徴とする高分解能の近距離レーダ装置。

【請求項2】 請求項1記載の空中線共用器が導波管回路、又はマイクロストリップラインなどの平面回路によるサーキュレータ、高周波スイッチ、ハイブリッド、Y型分配器のいずれかで構成され、また可変整合器の伝送路が導波管回路、又はマイクロストリップラインなどの平面回路で構成され、また可変整合器の伝送路に配置される電子制御可変リアクタンス素子が2組以上の複数であり、また電子可変リアクタンス間の距離が $1/8\lambda$ の奇数倍を含む任意の距離に設定され、また電子制御可変リアクタンスを構成する素子の一部がバラクターダイオードから構成され、また空中線が平面アンテナ、ホーンアンテナ、パラボラアンテナ、ロッドアンテナのいずれかで構成され、また前記デジタル信号処理手段がAD変換器とDA変換器とマイクロプロセッサから、又はデジタルシグナルプロセッサのいずれかで構成されたもの。

【請求項3】 請求項1記載の標本化等価時間変換回路が、水晶発振子により発振周波数が定まる送信パルスを発振する発振器と、送信と同一周波数の水晶発振子と可変容量ダイオードから発振周波数が定まるサンプリングパルスを発振する発振器と、前記送信パルスを前記サンプリングパルスの立ち上がりでサンプリングする事から前記送信パルスの時間拡大された送信パルスのレプリカを得る回路と、前記送信パルスと前記サンプリングパルスを論理和、又は論理積、又は排他的論理和する事から得られるPWMパルスをローパスフィルタを介して出力される前記両パルスの位相差に対応した位相差アナログ電圧を得る回路と、前記送信パルスレプリカまたは前記位相差アナログ電圧を計測し、あらかじめ設定された時間拡大設定値又は位相差設定値いずれかの設定値に対す

る誤差信号パルスを発生するデジタル信号処理手段と、前記誤差信号パルスを積分する積分器と、該積分器出力を前記サンプリングパルス発振器の前記可変容量ダイオードと接続し、前記サンプリング発振周波数又は位相差を制御し、目的の時間拡大率又は目的の位相差を持つ前記サンプリングパルスを得ることからサンプリング回路が構成された、サンプリング復調信号出力の時間拡大率、又はサンプリング点が任意に選択できる事を特徴とした標本化等価時間変換回路。

【請求項4】 請求項1記載のデジタル信号処理手段による可変整合回路の不要信号のキャンセル制御プログラムが図6に示されるキャンセル制御フローであるもの。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、近距離（0.3m～50m程度）を高分解能（1cm単位）で計測する、周波数占有帯域幅の狭い近距離レーダ装置に関するもので、距離センサーとして計測分野などに利用されるものである。

【0002】

【従来の技術】近距離計測センサーとして電波レーダは、レーザレーダ、超音波レーダと比較してその耐環境性に優れた特徴をもっているが、特表平10-511182、特開平10-300843、特開平10-319111に公開されているインパルスによる近距離レーダは、広い周波数占有帯域幅が必要であり、我が国の電波法および諸外国にもその周波数の割り当てはない。ここで、電波法規制の対象外である微弱無線利用の近距離レーダの可能性が考えられるが、その定める所は無線設備から3メートルの距離：Rにおいて、電界強度：Eが $35\mu\text{V}/\text{m}$ 以下（周波数帯 322MHz～10GHz）であり、その測定方法も規定されている。

（電波法令集1 電波法四条第1項、施行規則第六条1項）

【0003】この規定値から逆算した許容される輻射電力Pは

【数1】

$$P = \frac{E^2 R^2}{30} = 3.675 \times 10^{-10} \quad (\text{W})$$

と極めて微弱なものとなる。

【0004】上記の制限のもとに、微弱電波を利用した近距離レーダの可能性を検討したが、数メートル以上の物標距離を実際的なアンテナサイズで検知出来る技術は現状見当たらない。また、現在販売されている前記インパルスによる近距離レーダが指定機関（財団法人 無線機器検査検定協会）の検査による微弱電波機器性能証明を受けた実績はなく、従ってこのような近距離レーダは電波法規制対象品であるため、電波の洩れない密閉金属製タンクの液面計測などの特殊用途にのみ限定販売さ

れ、一般的に利用されていないのが現状である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明が解決しようとする課題は上記問題に鑑みて、電波法の技術基準適合証明が可能な、狭い周波数占有帯域幅で動作する高分解能*

*の近距離レーダ装置を提供することを目的とする。我が国の電波法において、小規模の近距離レーダに利用可能な周波数および周波数占有帯域幅と電波の変調形式の技術基準は下記の通りである。

【表1】

中心周波数 (GHz)	占有周波数帯域幅 f B (MHz)	変調形式	郵政省告示
10.525	30	PON	336号
24.125	100	PON	397号

送信機出力電力上限はいずれも0.1W以下 (ミリ波帯は除く)

(電波法令集2 第七編省令2 特定無線設備に関する規則 第二条の二)

【0006】また、占有周波数帯域幅 f B とパルス幅 t との関連は

【数2】

$$f b = \frac{2k}{t}$$

k : は通常2と定められている。

(パルス変調の周波数占有帯域幅の計算式より)

(電波法令集1 第四編省令1 無線設備規則 別表二 号第2 注5)

【0007】上記の技術基準の周波数占有帯域幅では数2より許容されるパルス幅は、10GHz帯の場合は t = 0.133 μS で近距離不感領域は20m
24GHz帯の場合は t = 0.04 μS で近距離不感領域は6m

となり従来技術のパルスレーダ方式では近距離レーダとして必要な30cm程度の近距離からの計測が不可能である。

【0008】本発明の課題は上記の問題を解決し、現在において実用化されていない電波法の技術基準適合証明が可能な、狭い周波数占有帯域幅で動作することを特徴とする高分解能の近距離レーダ装置を提供する事にある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の手段を図1と、表1の10GHz帯を例にとって説明する。上記課題を解決するために、送信部10は測定する最大距離を電波が往復する時間より長いパルス幅の送信幅117と休止幅118を有する送信電波107を空中線50から送信する。測定距離を50mとすると送信幅117 t は、

【数3】

$$t = \frac{2L}{C} = \frac{2 \times 50}{300} = 0.333 \mu s$$

L : 測定距離 C : 光速

となり、数2よりこの時の帯域幅は12MHzとなり電波法の技術基準の30MHzの占有帯域幅以内に入る。

【0010】この場合、従来技術では送信幅117の送信中は、空中線共用器30の直接洩れ量A109と、空

中線及び周辺部反射量B106と、これらに比べて微弱な物標信号105との混合された受信電波108が受信部20に入り、キャンセル前信号115の如く物標信号105を識別出来ないために距離不感領域とされている。送信電波送出期間中の送受信レベル比を物標信号について試算すると、送受信アンテナ利得G:100 (20dBi)、測定距離r:50m、レーダー断面積σ:1m²、波長λ:3cmとして送受信電力比:Sは

【数4】

$$S = \frac{P_r}{P_t} = \frac{G^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 r^4} = 7.267 \times 10^{-10}$$

より、-91.4dB程度と算出される。

【0012】これから、物標信号のS/N比を20dBとすると、必要とされる不要信号キャンセル比は-112dB以上となるが、このような送受信分離度は送受信共用空中線方式(モノスタティック)はもちろん送受信空中線分離方式(バイスタティック)においても現実的でない。

【0013】この問題を解決するために、空中線共用器30に接続する伝送路に一定波長間隔で複数の電子制御可変リアクタンス素子を配したもののからなる可変整合器40により、受信電波Pr108中の空中線共用器30からの直接洩れ量A109と、空中線自身及び空中線周辺部反射量B106からなる不要信号を物標信号C105に先立つ任意の時点の不要信号抽出点ts110で検出し、これをもとに可変整合器40内の電子制御可変リアクタンス素子を調節する事により、不要信号抽出点ts110の不要信号と逆ベクトルのキャンセル量D113を送信電波Pt107の一部分から生成することによって前記不要信号をキャンセルし物標信号C105を検出する。

【0014】1例として、図4にアンテナ共用器にY型分配器(ウィルキンソン分配器)、可変整合器にマイクロストリップ回路とバラクターから構成された不要信号キャンセル回路およびアンテナとして擬似負荷を使ったシミュレーション回路を示す。図4の入力部の100ohmと並列の290ohmの抵抗は送信部から受信部への直接洩れに相当する洩れダミー400と、空中線インピーダンス450ohmのミスマッチ空中線401は不要

な反射信号を発生させるが、これらの不要信号の合成和と逆ベクトルの反射波が2組の可変リアクタンスにより生成され打ち消される。図5にその不要信号のキャンセル特性のシミュレーション結果のグラフを示す。10.50~10.55GHz周波数範囲の中央部10.525GHzにおいて上記の直接洩れ及び空中線のミスマッチによる不要な反射信号が-120.412dBにキャンセルされている。(-120.412は送受信キャンセル比500、-16.087は送信ポートリターンロス501 いずれもdB)

上記のキャンセル動作は、図1のキャンセル前信号115に示す時間領域の物標信号C105以前で発生する不要信号量E120に対してキャンセルされるため、キャンセル後信号116は物標信号Cのみを歪みなく増幅し検出することが可能となる。このキャンセル比が不十分な場合は物標信号C105は物標60の位置により位相が変化し、その振幅変動のため正確な距離測定(分解能±1cm)が出来ない。

【0015】受信部20は物標信号の強弱に応じて設置される高周波増幅器と、上記の不要信号と物標信号の識別及びキャンセル処理などのデータ処理を時間領域で行うために、受信電波から時間領域の拡大された復調信号、又は任意の位相部分の復調信号いずれかを出力する標本化等価時間変換回路と、この出力をアナログ信号処理する手段と、前記不要信号をキャンセルする処理、及びキャンセルされた受信信号の立ち上がりと物標信号の立ち上がりから物標距離を算出する処理、及び得られたデータの表示及び伝送処理などを行うデジタル信号処理手段とから構成される。

【0016】

【発明の実施の形態】表1の周波数10GHz帯の占有周波数帯域幅30MHzで動作する近距離レーダ装置の実施形態である。図2に示す不要信号キャンセル回路1はマイクロストリップ平面回路からなり、空中線共用器としてドロップイン型のサーキュレータ202、可変整合器としてマイクロストリップ50Ω線路203、及び3/8λ50Ω線路204、及び可変電子制御リアクタンス素子として2組のスタブ206及びバラクタダイオード211により構成されている。送信ポート200に入力された測定する最大距離を電波が往復する時間より長いパルス幅の送信電波は、サーキュレータ202から50Ω線路203、3/8λ50Ω線路204、及び空中線コネクタ212を経由して空中線より空間に放射され、物標信号を含む受信電波が前記と逆の経路で受信ポート201現れるが、その内容はサーキュレータ洩れ量213と、空中線コネクタ212自身の反射と、空中線自身と空中線周辺部からの反射波などの不要信号と、物標信号の混合したものである。ここで、時間的に物標信号に先立って受信ポート201に現れる不要信号を、キャンセル制御信号A111、キャンセル制御信号B1

12の制御電圧より、スタブ206、バラクタダイオード211よりなる2組の可変リアクタンス素子を調節する事から送信電波の一部分から前記不要信号と逆ベクトルのキャンセル信号を生成することによって前記不要信号をキャンセルすることが可能である。これによって、受信ポート201に現れる信号は物標信号のみとなり、送信電波を送出しながら物標信号のみの受信が可能となる。ここで、不要信号の振幅及び位相は種々の条件によって変化するため、可変リアクタンス間は1/8λの整数倍が好ましい。図中のRFグランド205は1/4λ長の低インピーダンスの高周波接地であり、1/4λRFC208直流接地であり、分圧抵抗207はバラクタダイオード211の動作点を決める。

【0017】図3に示す送受信部2の動作を説明する。送信電波の10.525GHzは2.63GHzPLL発振器300の出力が4通倍増幅器301で目的周波数に通倍された後、10GHz電力増幅器302で送信パルス発振器304の333nSのパルス幅変調を受け送信ポート200に出力される。この333nSは最大測定距離50mの電波の往復する時間であり、数2の計算式から周波数占有帯域幅は技術基準である30MHz以下の約12MHzである。送信電波は前記不要信号キャンセル回路を経由しアンテナから放射され、333nS期間電波を送信しながら同時に受信電波を受信ポート201で受ける。

【0018】ここで、333nS以内の短時間に変化する受信信号から時間領域で不要信号のキャンセル処理などをマイクロプロセッサで可能とするため、標本化等価時間変換手段を用いて受信電波の復調を行う。標本化等価時間変換の方法として、入力信号の位相に対してサンプリングパルスの位相が時間掃引し入力信号の時間軸が拡大された復調信号を得る時間拡大モードと、入力信号の位相に対してサンプリングパルスの位相が任意の位相差を保ち入力信号の任意の一部分を高いS/N比で復調するS/N拡大モードの選択が可能である。時間拡大モードにおいて、送信パルス発振器304の1.5MHz水晶発振子314と同一周波数の1.5MHz水晶発振子317に接続された可変容量ダイオード320により、わずかに低い周波数(1.5MHz-30Hz)でサンプリングパルス発振器305を発振させ、このパルスでサンプリング検波回路307を動作させることで、50000倍(1.5MHz/30Hz=50000)に時間拡大された受信信号のレプリカである復調信号を得ている。さらに詳細には、位相検出器310で送信パルスをサンプリングパルスの立ち上がりでサンプリングする事から(図示せず)拡大された送信パルスレプリカ324を得て、その周波数が常に30Hzになるようマイクロプロセッサ309の水晶発振クロック319のタイマー精度で検出し、誤差に応じた正負の誤差パルスを積分器323により積分し、この制御電圧で可変容量ダ

イオード320のバイアス電圧を変化させることにより、サンプリングパルス発振器305の周波数を微調整する。S/N拡大モードにおいて、送信パルス発振器304と同一周波数の1.5MHz水晶発振子317を可変容量ダイオード320により、位相差の異なる同一周波数(1.5MHz)でサンプリングパルス発振器305を発振させ、このパルスでサンプリング検波回路307を動作させることで、入力信号の任意の一部を高いS/N比で復調する。さらに詳細には、位相検出器310で送信パルスと受信サンプリングパルスを排他的論理和する事からPWMパルスを得て、ローパスフィルターを経由することから(図示せず)、前記両パルスの位相差に対応したアナログ電圧325をマイクロプロセッサ309のAD変換器で検出し、その位相差設定値との誤差に応じた正負の誤差パルスを積分器323により積分し、この制御電圧で可変容量ダイオード320によりサンプリングパルス発振器305の位相量を微調整する。

【0019】受信ポート201に現れる受信電波は低雑音増幅器306、サンプリング検波回路307、低周波増幅器308、STC回路321(感度時間制御回路)により、処理可能なレベルの復調信号となってマイクロプロセッサ309に入力される。ここで、マイクロプロセッサ309はS/N拡大モードで復調信号中の不要信号の検出と、DAコンバータ303を介してキャンセル制御信号A111、キャンセル制御信号B112による不要信号のキャンセルを行うが、図1にもとづきキャンセル制御動作の実施例を説明する。

【0020】図1において、1例として空中線共用器30と空中線50の伝送路が6cmで比誘電率2.6のマイクロストリップ線路であり、空中線50の前方15cmを不要信号抽出点110tsとし、S/N拡大モードの測定範囲が10mで分解能8ビットAD変換器とした場合は、

【数5】

$$S_p = \frac{0.06 \times \sqrt{2.6 + 0.15}}{10} \times 256 = 6$$

位相差設定値Spを6とする事で、ほぼ不要信号抽出点110tsにおける直接洩れ量A109及び空中線自身の反射、空中線レドーム等の周辺部反射の量B106の合成された不要信号量をマイクロプロセッサ309は検出する。

【0021】ここで、図6の不要信号キャンセルフローについて説明する。S/N拡大モードにおいて、不要信号キャンセル開始S01で前記の不要信号量のAD変換開始S02がなされ、約20μSのAD変換完了待ちS03の後、AD変換値とあらかじめ設定された不要信号キャンセルレベルより不要信号量が一定限度以下にキャンセルされているかS04にて評価される。以下であれば不要信号キャンセル終了S05でキャンセル制御は終わる。以上であればS06、S07、S08、S02、

(5)

特開2000-241535

8

S03、S04の各ステップを実行しキャンセル制御信号A111により不要信号レベルが最小値を示すまで上記ステップを実行する。S06で最小値が求まると、S09、S10、S08、S02、S03、S04の各ステップを実行しキャンセル制御信号B112により上記と同様に不要信号レベルを最小に調整する。上記のサイクルを繰り返す事により、不要信号量は減少する方向に向かう事が実験的に確認されている。このサイクル内のS04にて一定限度以下になったところで、不要信号キャンセル終了S05となる。空中線及レドームなどの周辺反射量B106および空中線共用器などの直接洩れ量A109からなる不要信号は温度変化を含む外乱によって容易に変化し、図5に示す如くキャンセル範囲が極めて狭いため、前記の不要信号キャンセル制御プログラムは一定の時間周期で、例えば5分おきに実行される。

【0022】不要信号キャンセル終了後は時間拡大モードでキャンセル後信号116の如く物標信号の立ち上がりを歪みなく受信し、物標信号C105の立ち上がり時点と空中線共用器の洩れで瞬時的に発生する受信電波スパイク119の立ち上がり時点の時間差である物標距離時間114よりマイクロプロセッサ309は距離を算出する。この受信電波スパイク波119を参照信号とする物標距離時間114は送信部10から空中線までの伝送路と空中線から物標までの伝播距離にのみに依存し、2組の水晶発振器から時間掃引される標本化等価時間変換回路の直線性に優れた時間拡大精度とあいまって、極めて高精度の距離測定が可能となる。得られた距離データはデータ送受信器311から電源重畳データライン322を経由して利用側に送信されるとともに、このラインから電源供給を受け、安定化電源部312で送受信部2で必要な電圧を得ている。

【0023】

【実施例】本発明の他の実施例を述べる。前記の空中線共用器が導波管回路、又はマイクロストリップラインなどの平面回路によるサーキュレータ、高周波スイッチ、ハイブリッド、Y型分配器のいずれかで構成することが出来る。また不要信号をキャンセルする回路の伝送路が導波管回路、又はマイクロストリップラインなどの平面回路で構成することが出来る。また可変整合器の伝送路に配置される電子制御可変リアクタンス素子が2組以上の複数であってもよい。また電子可変リアクタンス間の距離が1/8λの奇数倍を含む任意の距離であってもよい。また電子制御可変リアクタンスを構成する素子がバラクタダイオードから構成することが出来る。また空中線が平面アンテナ、ホーンアンテナ、パラボラアンテナ、ロッドアンテナのいずれかで構成することが出来る。また前記デジタル信号処理手段がデジタルシグナルプロセッサでも構成する事が出来る。

【0024】

【発明の効果】マイクロウェーブ近距離レーダは、レー

10

20

30

40

50

ザレーダ、超音波レーダと比較してマイクロウェーブの強力な透過特性から、温度変化、気圧、乱気流、粉塵、などの厳しい工業計測環境においてもメンテナンス性に優れているが、インパルス方式の近距離レーダは電波法規制品のため用途が極めて限定されてる。本発明による近距離レーダ装置は特定無線設備の技術基準適合証明品となるため簡易な免許申請で使用許可され、電波障害の心配無しに屋外使用も可能となり、従来のレーザレーダ、超音波レーダでは対応の出来なかった屋外での非接触距離計測による各種の応用、ダム、貯水池などの水位計測や、テフロンシートなどのシール材を透過してのタンク外からの各種液面レベル計用途が考えられる。

【0025】さらにアンテナレドーム周辺の泥、雨、埃、油汚れなどの付着物に対しても、本発明の不要信号キャンセル機能により測定精度の劣化が少なく、メンテナンスのコストの低減が期待される。また電波法規制については国際的にも我が国と同様であるため国際市場への提供も期待される。上記のように、当発明の実用価値は大きく、マイクロウェーブ近距離レーダの普及を促進させるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の動作説明図とタイミング図である。

【図2】本発明の不要信号キャンセル回路を平面回路で構成した説明図である。

【図3】本発明の送受信部の実施例を示した説明図である。

【図4】平面回路による不要信号キャンセル回路のシミュレーション回路である。

【図5】平面回路による不要信号キャンセル回路のシミュレーショングラフである。

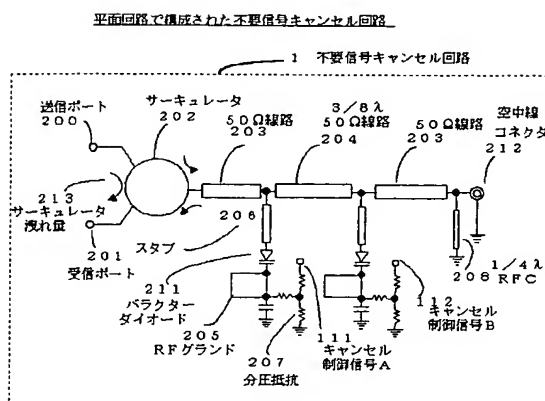
【図6】不要信号キャンセル制御フローチャートである。

【符号の説明】

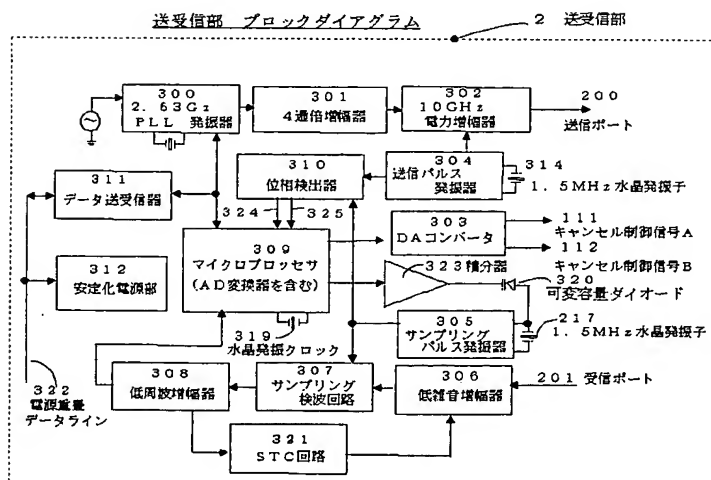
- 1 不要信号キャンセル回路
- 2 送受信部
- 10 送信部
- 20 受信部
- 30 空中線共用器
- 40 可変整合器
- 50 空中線
- 60 物標
- 105 物標信号C
- 106 空中線及び周辺反射量B
- 107 送信電波
- 108 受信電波
- 109 直接洩れ量A
- 110 不要信号検出点

- 111 キャンセル制御信号A
- 112 キャンセル制御信号B
- 113 キャンセル量D
- 114 物標距離時間
- 115 キャンセル前信号
- 116 キャンセル後信号
- 117 送信幅t
- 118 休止幅t off
- 119 受信電波スパイク
- 120 不要信号量E
- 200 送信ポート
- 201 受信ポート
- 202 サーキュレータ
- 203 50Ω線路
- 204 3/8λ50Ω線路
- 205 RFグランド
- 206 スタブ
- 207 分圧抵抗
- 208 1/4λRFC
- 20 211 バラクターダイオード
- 212 空中線コネクタ
- 300 2.63GHz PLL発振器
- 301 4通倍増幅器
- 302 10GHz電力増幅器
- 303 DAコンバータ
- 304 送信パルス発振器
- 305 サンプリングパルス発振器
- 306 低雑音増幅器
- 307 サンプリング検波回路
- 30 308 低周波増幅器
- 309 マイクロプロセッサ(AD変換器含む)
- 310 位相検出器
- 311 データ送受信器
- 312 安定化電源部
- 314 1.5MHz水晶発振子
- 317 1.5MHz水晶発振子
- 319 水晶発振クロック
- 320 可変容量ダイオード
- 321 STC回路
- 40 322 電源重畳データライン
- 323 積分器
- 324 送信パルスレプリカ
- 325 位相差アナログ信号
- 400 直接洩れダミー
- 401 ミスマッチ空中線
- 500 送受信キャンセル比
- 501 送信ポートリターンロス

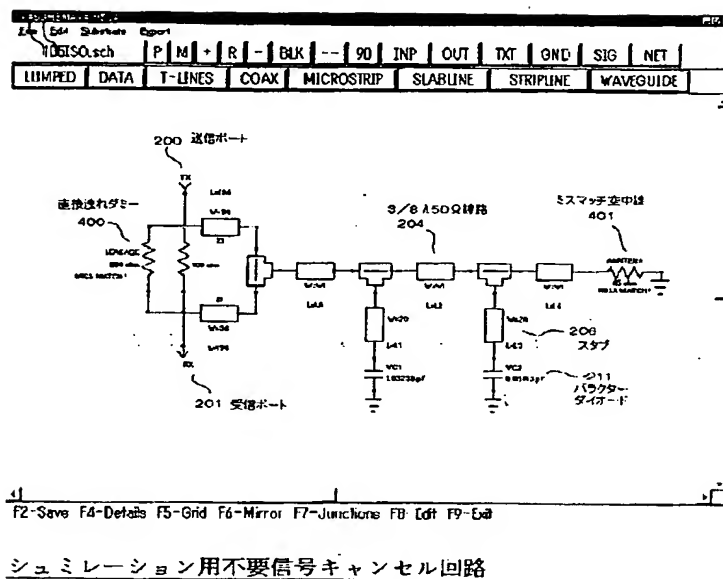
【图2】



【图3】



【図4】



【图5】

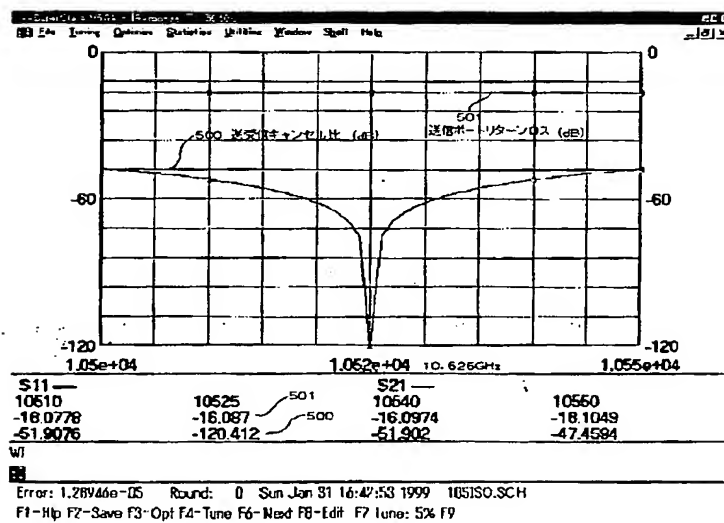


図 4 のシュミレーショングラフ

【図6】

